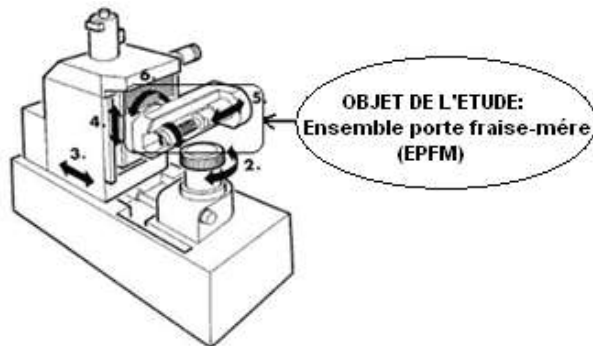


ENSEMBLE PORTE FRAISE-MERE

A) MISE EN SITUATION :



- 1 : rotation fraise-mère (*mouvement de coupe*).
- 2 : rotation roue à tailler.
- 3 : translation axiale tête porte fraise-mère (*profondeur de passe*).
- 4 : mouvement d'avance fraise-mère.
- 5 : translation axiale fraise-mère (*shifting*).
- 6 : orientation porte fraise-mère.

Figure 1 : Cinématique d'une machine de taillage

Cette machine permet de tailler des roues par le procédé de génération (mouvements conjugués d'engrènement de l'outil et de la roue à tailler).

La **figure 1** met en évidence les différentes mobilités nécessaires aux réglages et à l'usinage.

La génération s'effectue à partir d'un outil appelé fraise-mère, qui est un pignon cylindrique à denture hélicoïdale dont les flancs de dents sont des hélicoïdes développables (**Figure 2**).

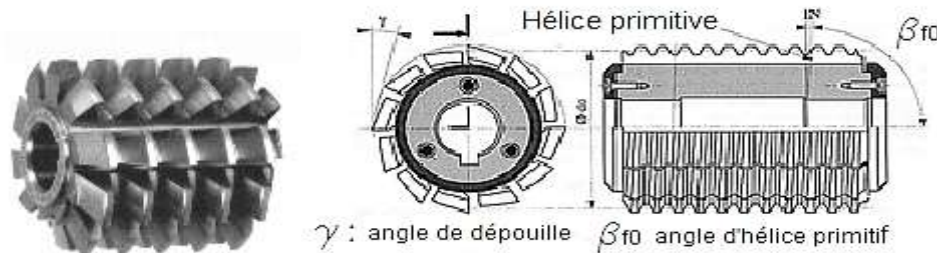


Figure 2 : Outil fraise-mère à 1 filet

Cet outil possède des arêtes coupantes disposées suivant une hélice d'angle primitif β_{F0} (proche de 90°), qui lui donnent plutôt l'aspect d'une vis, d'où le vocabulaire du nombre de filets Z_F pour désigner le nombre de dents de l'outil. Généralement $Z_F = 1$ filet, plus rarement $Z_F = 2, 3$, ou 4 .

Dans ce mode de taillage, l'ensemble outil fraise-mère et roue à tailler constitue un engrènement gauche. Le seul impératif géométrique à respecter est que la tangente à l'hélice primitive de la fraise-mère reste constamment confondue avec la tangente à l'hélice primitive de la roue (**Figure 3**).

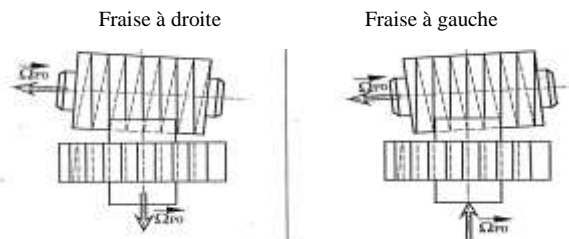


Figure 3 : Principe du taillage d'une roue à denture droite

Le taillage débute en plaçant l'outil au-dessus de la roue, puis on anime la fraise-mère du mouvement de coupe et d'un mouvement d'avance de vitesse faible parallèlement à l'axe de la roue.

L'obtention du mouvement de génération nécessite de lier la rotation de la roue à tailler N_R et la rotation de l'outil fraise-mère N_F .

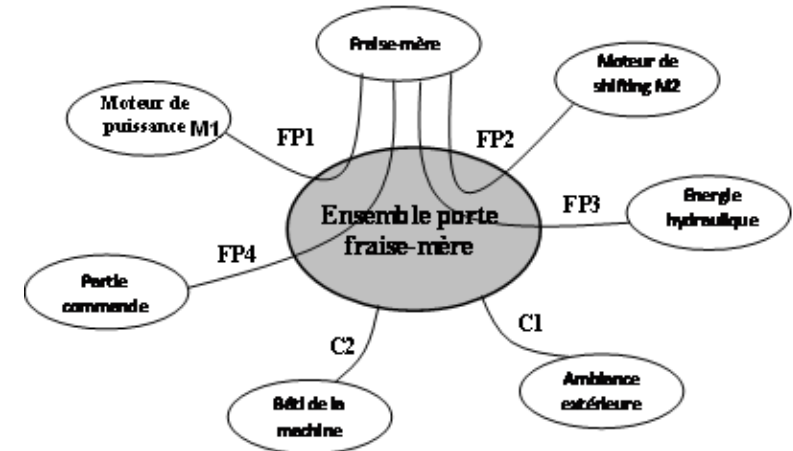
Afin d'accroître la durée de vie de l'outil grâce à une usure uniforme sur toute sa longueur active et lors du taillage d'un grand nombre de pièces identiques, on effectue un déplacement de la fraise-mère le long de son axe. Cette opération, appelée « shifting », permet de compenser l'usure de l'outil après un certain nombre de taillages.

Ensemble porte fraise-mère (EPFM) :

Le dessin d'ensemble de la *feuille 2/11* et la nomenclature de la *feuille 3/11* présentent l'ensemble porte fraise-mère avec deux entrées :

- le mouvement de rotation de l'arbre **4** réalisé par le moteur Brushless M1 (non représenté);
- le mouvement de rotation de la poulie **13** réalisé le moteur M2 (non représenté).

Fonctions de service assurées par l'EPFM :



Fonctions principales :

- FP1** : Transmettre l'énergie motrice de rotation à la fraise-mère
- FP2** : Assurer un déplacement motorisé de la fraise-mère le long de son axe.
- FP3** : Désolidariser la fraise-mère pour assurer sa maintenance.
- FP4** : Communiquer à la partie commande la fréquence de rotation de la fraise-mère.

Contraintes :

- C1** : Fonctionner dans une ambiance d'atelier.
- C2** : S'adapter au bâti de la machine.

U.C.A.D. – CONCOURS GENERAL SENEGALAIS

Durée : 06H

Echelle :

Feuille 1 / 11

Epreuve de :
CONSTRUCTION MECANIQUE

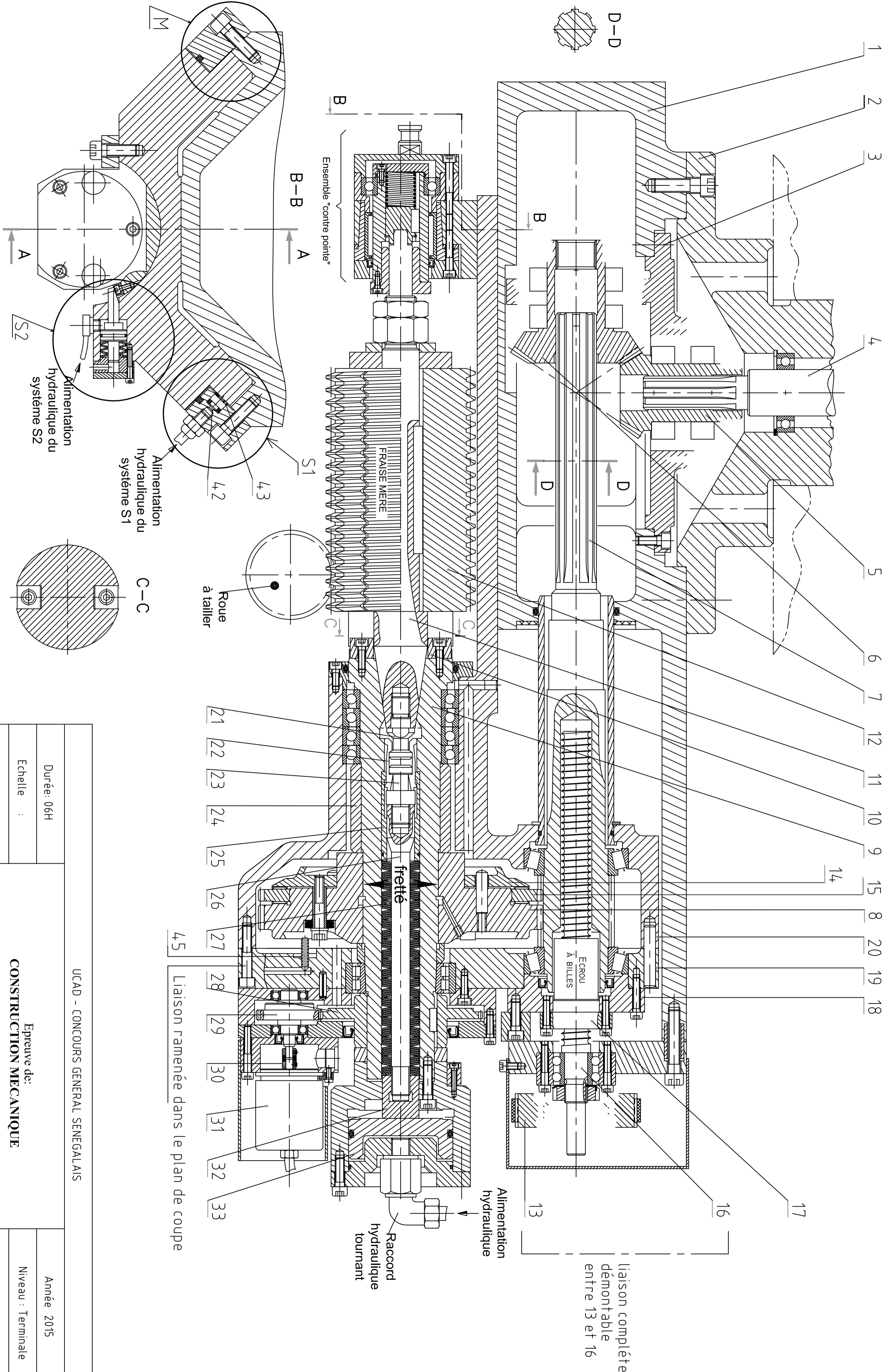
Année : 2015

Niveau : Terminale

Code : 15 T CGS 08 01

A-A

Bloc mobile



liaison complète démontable entre 13 et 16

Liaison ramenée dans le plan de coupe

UCAD - CONCOURS GENERAL SENEGALAIS		Année 2015	
Durée: 06H		Niveau : Terminale	
Echelle :		Code : 15 T CGS 08 01	
Feuille 2/11		CONSTRUCTION MECANIQUE	
Epreuve de:			

Problématique :

Actuellement, cette machine est équipée de fraises-mères monoblocs M35, de diamètre primitif égal à 120 mm, afin de tailler en série des roues dentées de module 3 mm, de bonne usinabilité et de « dureté moyenne » (70 daN/mm²). Ces caractéristiques correspondent à des matériaux tels que : 17 Cr Mo 4, 16 Mn Cr 5, et nécessitent une **vitesse de coupe de 85 m/min pour un effort tangentiel de coupe de l'ordre de 1840 N.**

Le responsable de production est sollicité par une commande particulière de taillage d'une série de roues dentées à denture droite de module 3,5 mm dont la matière est du 30 Cr Ni Mo 8, c'est à dire d'usinabilité difficile et de « dureté » : 120 daN/mm².

Il s'agit de vérifier si la machine est capable d'effectuer ces travaux sans endommager ses constituants (engrenages, roulements,...).

B) ANALYSE TECHNIQUE : (sur 30 points)

L'analyse technique comprend deux grandes parties (I et II) :

Partie I : Compréhension du mécanisme

- Analyse fonctionnelle interne de l'ensemble porte fraise-mère, à l'aide de diagrammes FAST.
- Modélisation cinématique du mécanisme (élaboration d'un schéma cinématique plan) et détermination du rapport des fréquences de rotation de la fraise mère et de la pièce à tailler.
- Questions diverses relatives à la compréhension du fonctionnement.

Partie II : Analyse de la fonction principale FP1

- Calcul de la nouvelle puissance utile et conclusion sur la capacité du moteur M1.
- Dimensionnement des charges sur les paliers et estimation de la nouvelle durée de vie des roulements. Conclusion sur la conformité par rapport au cahier des charges.
- Vérification de la possibilité de transmission du nouveau couple maxi au niveau de l'emmanchement conique entre l'arbre porte fraise **11** et la broche **9**.

NOMENCLATURE

45	1	Goupille mécanidus		
44	1	Entretoise calibrée	S355	
43	2	Patin	Ferrodo	
42	2	Piston de vérin hydraulique	S355	
41	1	Cale de réglage inférieure	S355	
40	1	Boitier inférieur	S355	
39	1	Cale de réglage supérieur	S355	
38	1	Boitier supérieur	S355	
37	4	Roulement à rouleaux coniques 50 KB 01		Référence 320 10 X_FAG
36	1	Entretoise calibrée	S355	
35	2	Rondelle Z45		NF E25.513
34	2	Ecrou à encoches M45x1,5		NF E22.306
33	1	Piston de desserrage	S355	D=90mm
32	1	Ecrou butée		
31	1	Codeur incrémental		
30	1	Accouplement élastique		
29	1	Pignon arbré de codeur	35 Cr 10	
28	1	Roue d'entraînement	17 Cr Ni Mo 6	Empilage 22x4
27	88	Rondelle élastique 31,5x16, 3x2	C75	
26	1	Tirant		
25	1	Fourreau		
24	1	Entretoise calibrée	S355	
23	1	Embout commande de pince		
22	10	Pince		
21	1	Ebout d'arbre porte fraise		
20	1	Coulisseau porte fraise	FGL 250	
19	1	Flasque		
18	1	Boitier pour écrou	S355	
17	1	Ecrou pour vis à billes FV 25_pas de 5mm		FAG
16	1	Vis à billes de précision KGT 25_pas de 5mm		FAG
15	1	Disque denté		
14	1	Plaque de fixation		
13	1	Poulie pour courroie crantée	34Cr6	
12	1	Fraise mère	M35 Revêtu TIN	Z=1 filet Øprimitif=120mm
11	1	Arbre porte fraise		
10	2	Plots prismatiques	C18	
9	1	Broche		
8	1	Roue à denture hélicoïdale	17 Cr Ni Mo 6	Z=88 dents m=2, 5mm β=24°
7	1	Pignon arbré à denture hélicoïdale	17 Cr Ni Mo 6	Z=22 dents m=2, 5mm β=24°
6	1	Roue conique	17 Cr Ni Mo 6	Z=40 dents m=2,75mm
5	1	Pignon d'attaque conique	17 Cr Ni Mo 6	Z=27 dents m=2,75mm
4	1	Arbre moteur	17 Cr Ni Mo 6	
3	1	Boitier support pignons	FGL 250	
2	1	Carter d'orientation de la tête porte fraise	FGL 250	
1	1	Bloc glissière	FGL 250	
REP	NB	DESIGNATION	MATIERE	OBSERVATIONS

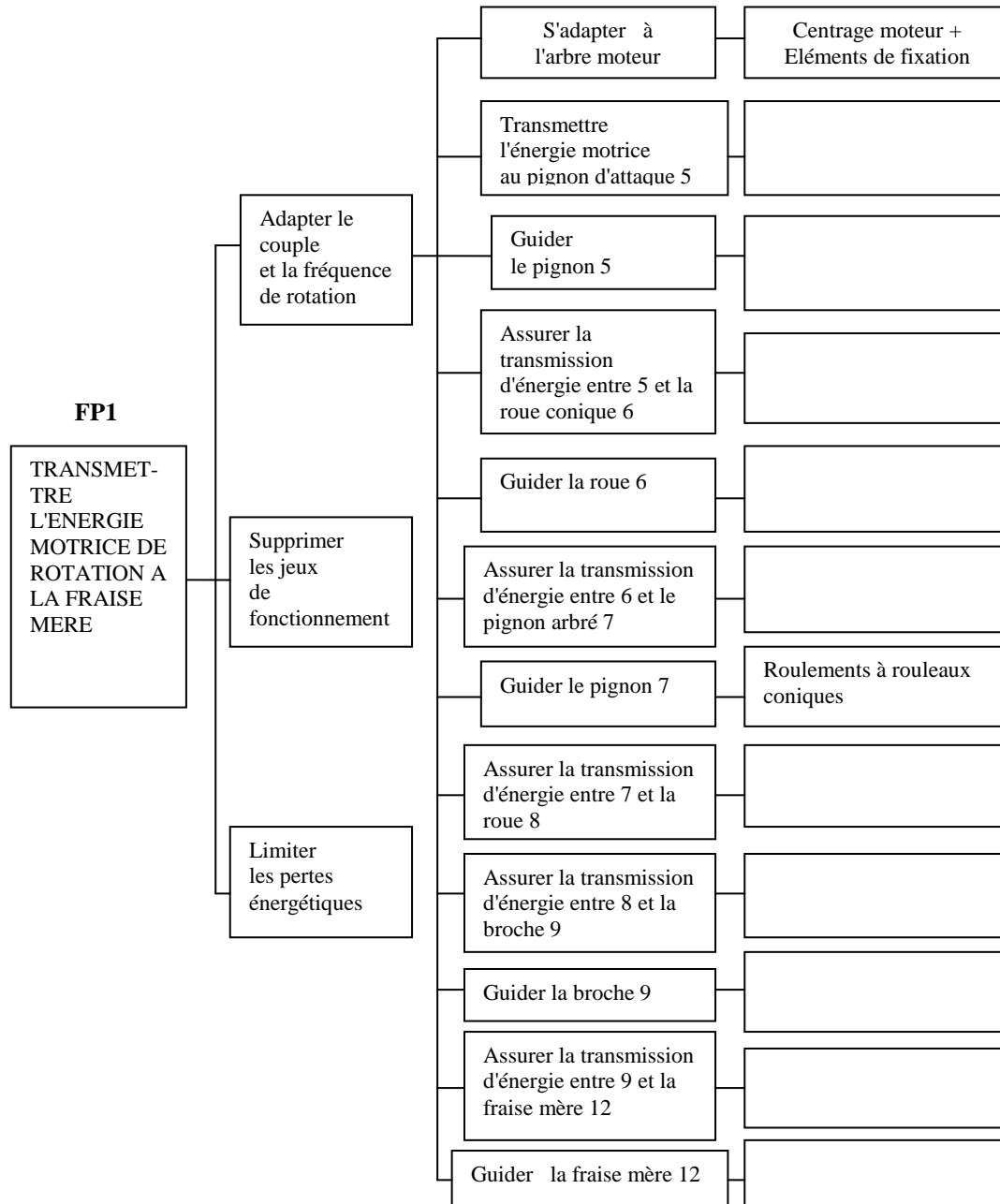
U.C.A.D. – CONCOURS GENERAL SENEGALAIS

Durée : 06H	Epreuve de : CONSTRUCTION MECANIQUE	Année : 2015
Echelle :		Niveau : Terminale
Feuille 3 / 11		Code :15 T CGS 08 01

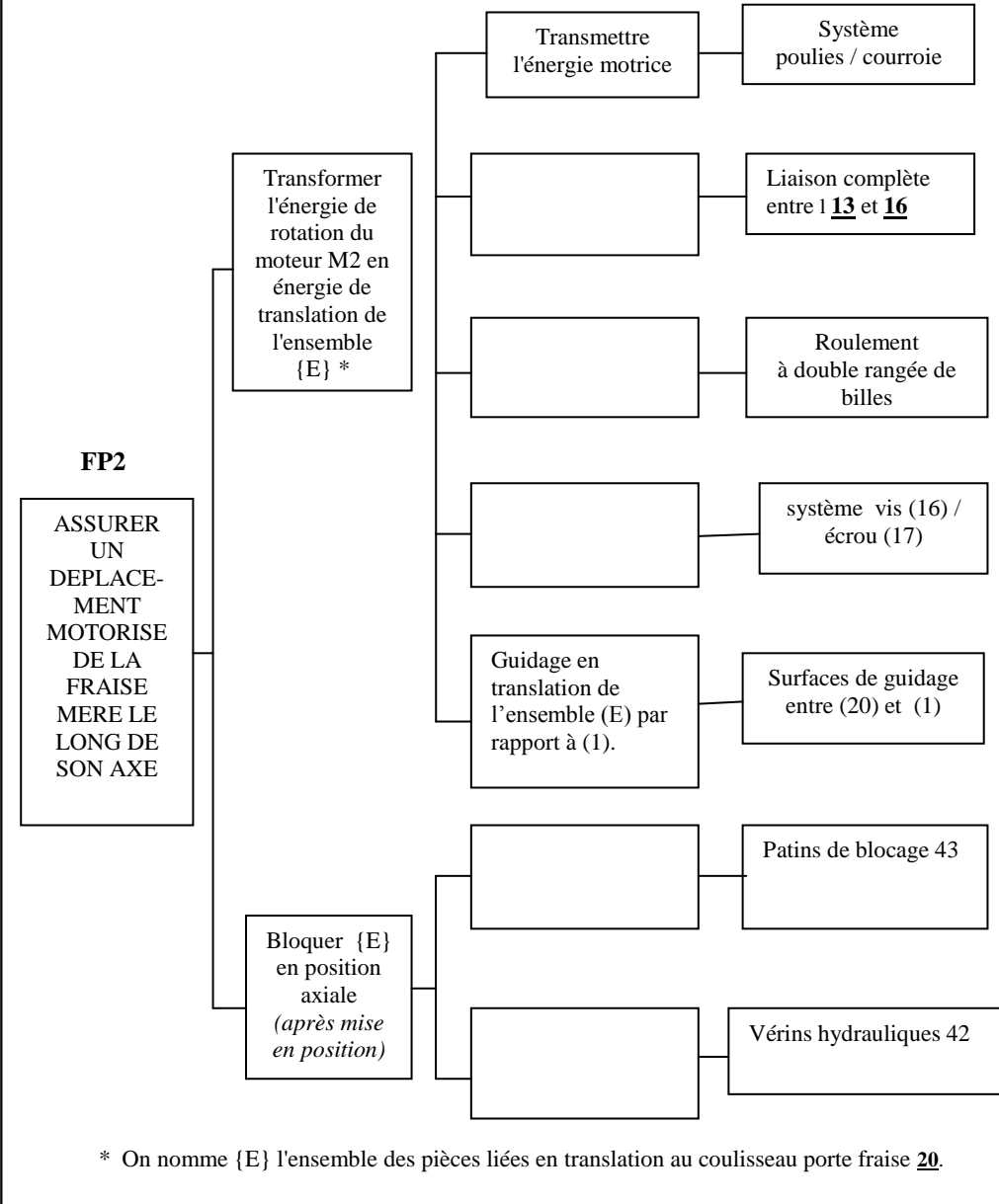
I - Compréhension du mécanisme

Dans un premier temps, nous allons analyser la structure générale de l'ensemble porte fraise-mère.

I-1 : Compléter le diagramme FAST relatif à la fonction principale FP1 « Transmettre l'énergie motrice de rotation à la fraise-mère » en complétant les cases vides relatives aux solutions technologiques utilisées.



I-2 : Compléter le diagramme FAST relatif à la fonction principale FP2 « Assurer un déplacement motorisé de la fraise-mère le long de son axe » ci-dessous en précisant les fonctions correspondantes.



U.C.A.D. – CONCOURS GENERAL SENEGALAIS

Durée : 06H

Echelle :

Feuille 4/ 11

Epreuve de :
CONSTRUCTION MECANIQUE

Année : 2015

Niveau : Terminale

Code : 15 T CGS 08 01

I-3 : Compléter le schéma cinématique plan de l'ensemble porte fraise-mère ci-dessous.

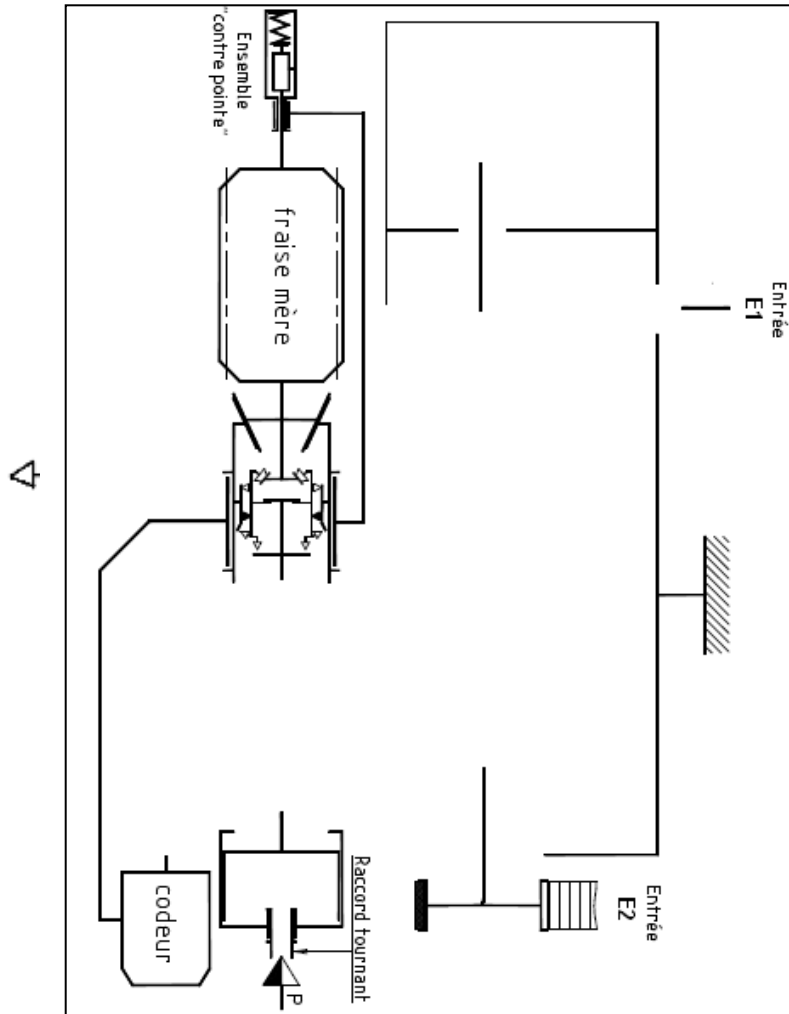


Figure 3 : Schéma cinématique plan du porte fraise-mère

I-4 : Le procédé de taillage par génération nécessite de lier la fréquence de rotation N_F de la fraise-mère ayant Z_F filets, et celle de la roue N_R sur laquelle est taillée Z_R dents.

Déterminer littéralement le rapport N_F / N_R , en précisant les hypothèses nécessaires.

.....

.....

.....

.....

I-5 : Quel est le rôle du montage « M » encerclé dans le dessin d'ensemble de la feuille 2/11.

I-6: Dans le sous ensemble {14, 15, 8}, la pièce 14 a des dents sur sa périphérie et sur ses flancs. Ce sous ensemble permet de rattraper le jeu de l'engrenage 7-8. Expliquer comment se fait ce rattrapage du jeu. Justifier l'utilité de ce dispositif. La figure 4 ci-dessous donne les formes des pièces du sous-ensemble.

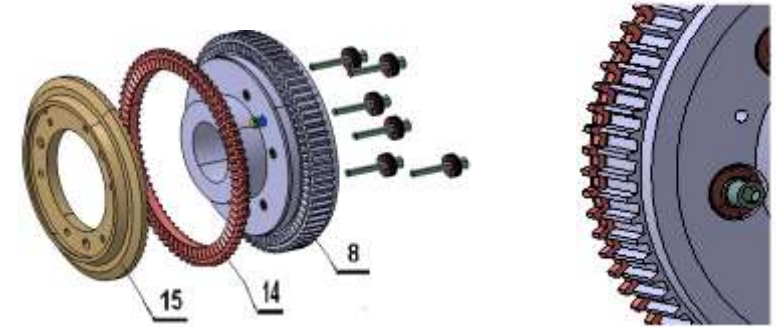


Figure 4 : Mécanisme de rattrapage de jeu

I-7 : Quel est le rôle du système S1 encerclé dans le dessin d'ensemble de la feuille 2/11 ? Expliquer brièvement son fonctionnement.

I-8: Quel est le rôle du système S2 encerclé dans le dessin d'ensemble de la feuille 2/11 ? Expliquer brièvement son fonctionnement.

U.C.A.D. – CONCOURS GENERAL SENEGALAIS		
Durée : 06H	Epreuve de : CONSTRUCTION MECANIQUE	Année : 2015
Echelle :		Niveau : Terminale
Feuille 5/ 11		Code : 15 T CGS 08 01

I-9: Le fonctionnement du mécanisme comporte deux entrées de mouvement (E1 et E2) indiquées sur le schéma cinématique minimal de la question **I-3**. Préciser l'entrée correspondant au mouvement de coupe et celle correspondant au shifting, comme expliqué dans la « mise en situation » de la feuille 1/11.

E1 :
 E2 :

I-10: Donner le rôle de la goupille mécanidus **45** montée dans la pièce **19**.

.....

I-11: Donner la désignation normalisée du matériau de la série de roues de dureté 70 daN/mm², à savoir **17 Cr Mo 4**, ainsi que celle de la nouvelle série de dureté 120 daN/mm², c'est-à-dire **30 Cr Ni Mo 8**.

17 Cr Mo 4 :

 30 Cr Ni Mo 8 :

I-12: Le système étudié est alimenté en huile par l'intermédiaire du raccord hydraulique tournant. Cela génère une pression qui s'applique sur la pièce **33**. L'effort ainsi engendré est transmis à d'autres pièces du mécanisme.

a) Identifier les pièces participant à la transmission de cet effort :

.....

b) En déduire l'utilité de cette alimentation hydraulique :

.....

c) Lorsque la pression hydraulique est supprimée quelle va en être la conséquence dans le système ?

.....

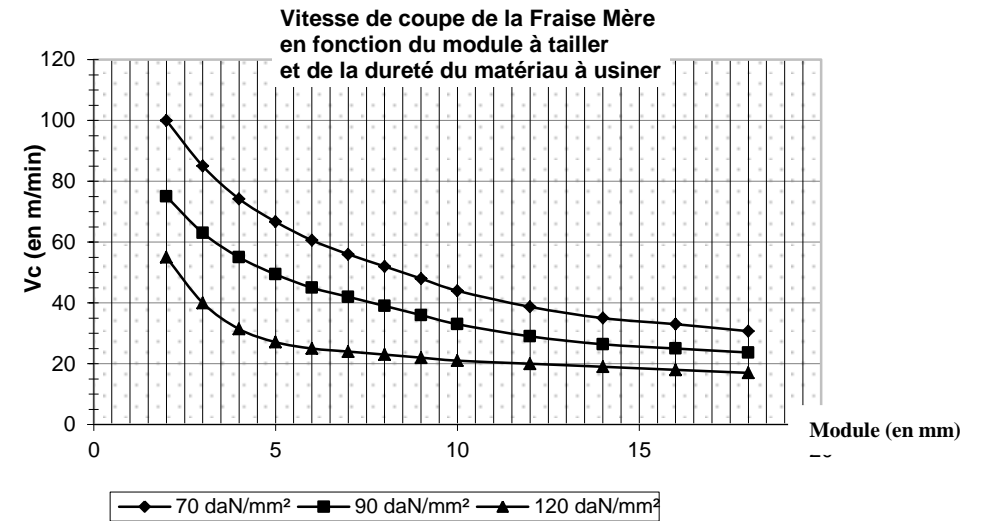
II- Analyse de la fonction principale FP1

Objectif: Le taillage de la nouvelle gamme de roues dentées (30 Cr Ni Mo 8) de module 3,5 mm doit s'effectuer avec une fraise-mère de diamètre primitif égal à 120 mm ; de plus, l'effort tangentiel de coupe est évalué à 13000 N.

Cet accroissement de performance à atteindre nécessite de s'assurer de la capacité de la machine, notamment en ce qui concerne :

- la puissance motrice nécessaire ;
- les liaisons participant à la transmission du couple ;
- les efforts supportés par certains roulements ;
- temps et accélération du bloc coulisseau.

Calcul et vérification de la nouvelle puissance utile



II-1 : En s'appuyant sur le graphe ci-dessus, **déterminer** la fréquence de rotation de la fraise-mère.

.....

II-2 : En déduire la puissance motrice nécessaire sachant que le rendement global de la transmission de mouvement est évalué à 0,85.

Le moteur peut fournir une puissance de 9500 W ; quelle conclusion en tirez-vous ?

Temps de démarrage et accélération du bloc coulisseau

Pendant la phase de démarrage, le bloc coulisseau **20**, atteint une vitesse de 10 m/s, après un déplacement de 10 mm.

II-3 Calculer le temps mis par bloc coulisseau pendant cette phase de démarrage.

II-4 En déduire l'accélération angulaire de la vis **16**, en rd/s^2 .

Analyse de la fonction technique : « Guider la roue (6) »

Objectif : on souhaite vérifier que la durée de vie des roulements à rouleaux coniques ne va pas être fortement réduite, du fait de l'usinage effectué sur les nouvelles roues dentées.

On donne :

- couple maximum transmis par l'arbre **4** : $C_4 = 155 \text{ N.m}$;
- fréquence de rotation de l'arbre **4** : $N_4 = 550 \text{ trs /min}$;
- largeur de denture des pignons coniques : $b = 20 \text{ mm}$;
- durée de vie minimale des roulements $L_n = 150000 \text{ heures}$;
- $\tan \delta = \frac{Z_5}{Z_6}$
- $R_{5moyen} = \frac{d_5}{2} - \frac{b}{2} \times \sin \delta$
- $\alpha = 20^\circ$.(angle de pression)

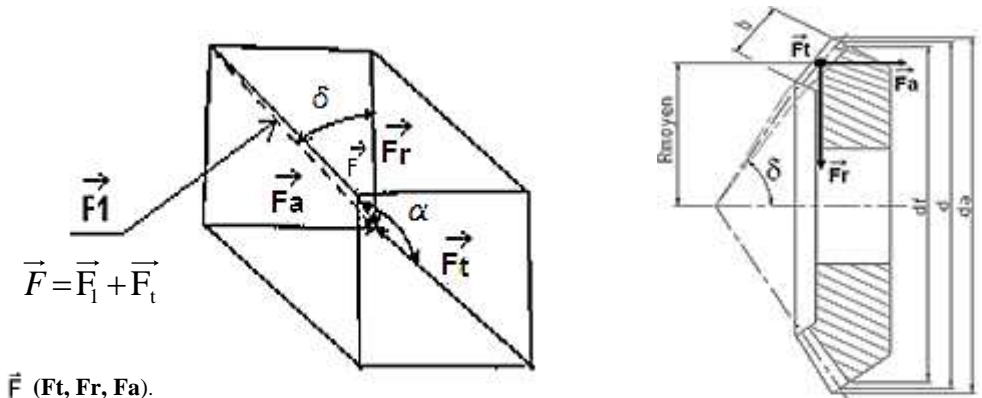


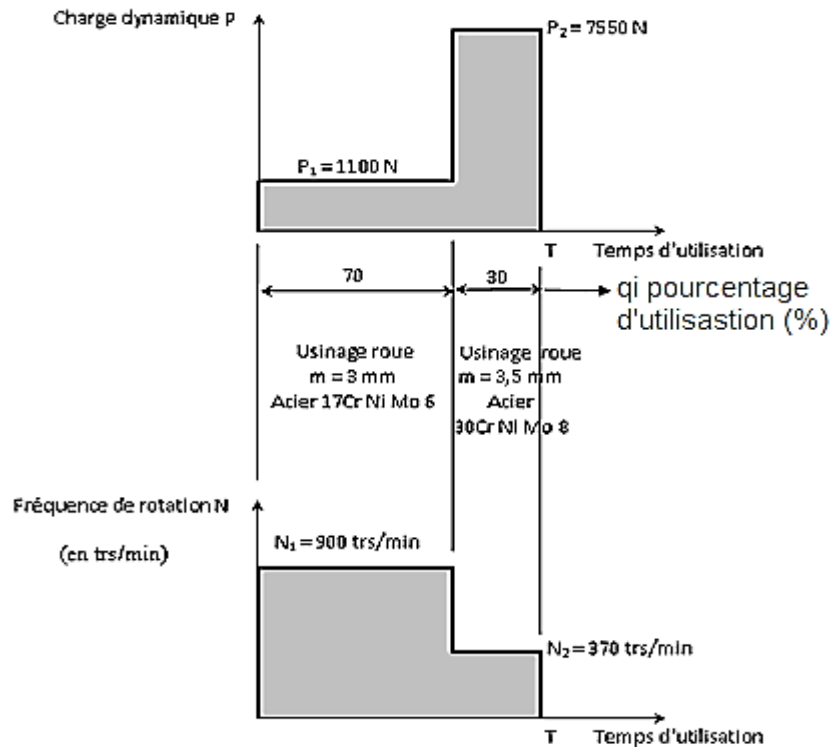
Figure 5 : Parallélépipède des efforts sur la roue (5)

II-5 : En s'appuyant sur les données ci-dessus et sur le parallélépipède des efforts de la **figure 5**, **calculer** les intensités des composantes de l'action inter-dentaire \vec{F} exercée par le pignon **5** sur la roue **6**.

II-6 : La méthode de calcul de la durée de vie de roulement (souvent complexe) a été fortement simplifiée pour permettre aux candidats de l'appliquer aisément.

Le calcul de la durée de vie des roulements à rouleaux guidant la roue **6** nécessite la connaissance de la charge dynamique qui lui est appliquée, mais aussi, du temps d'utilisation de la machine.

Pour le cas présent, la charge dynamique P et le temps d'utilisation (exprimé en pourcentage par la grandeur q_i), sont donnés dans le diagramme ci-dessous :



Données :

• **Notations :**

- P_i : charge dynamique appliquée au roulement pendant la durée d'utilisation i , en Newtons.
- q_i : pourcentage de temps d'utilisation.
- C : charge de base ($C = 62\,000\text{ N}$ pour les roulements à rouleaux coniques).

- **Formules :** les formules (1) et (2) permettent de calculer respectivement la valeur moyenne de la vitesse de rotation et celle de la charge dynamique. La formule (3) donne l'expression de la durée de vie des roulements (L_h) en heures.

$$N_{moy} = \frac{q_1 N_1 + q_2 N_2 + \dots + q_z N_z}{100} \quad (1)$$

$$P_{moy} = P \sqrt{\frac{q_1 \cdot N_1 \cdot (P_1)^k + \dots + q_z \cdot N_z \cdot (P_z)^k}{q_1 \cdot N_1 + \dots + q_z \cdot N_z}} \quad (2)$$

$$L_h = \left(\frac{C}{P_{moy}} \right)^k \times \frac{10^6}{60 N_{moy}} \quad (3)$$

Par exploitation des données et du diagramme ci-contre :

a) **Calculer** la fréquence de rotation N_{moy} (en trs/min)

b) **Calculer** la charge dynamique moyenne P_{moy} (en N).

c) **En déduire** la durée de vie du roulement L_h (en heures de fonctionnement) sachant que $k = 10/3$ pour les roulements à rouleaux coniques, $k = 3$ pour les roulements à billes.

Conclure :

U.C.A.D. – CONCOURS GENERAL SENEGALAIS

Durée : 06H

Echelle :

Feuille 8 / 11

Epreuve de :
CONSTRUCTION MECANIQUE

Année : 2015

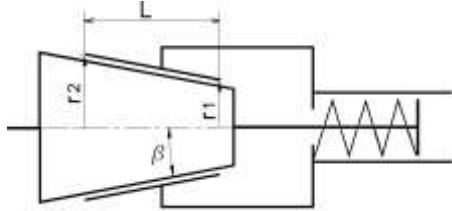
Niveau : Terminale

Code : 15 T CGS 08 01

Analyse de la fonction technique : « Assurer la transmission d'énergie entre 9 et la fraise-mère 12 »

Cette fonction s'effectue au moyen d'un emmanchement conique (SA 40) préchargé axialement par l'intermédiaire de rondelles élastiques, et si nécessaire, par obstacles avec deux plots prismatiques 10.

Les caractéristiques géométriques relatives à la zone conique figurent sur le schéma simplifié suivant.



On adopte les hypothèses suivantes :

- la répartition de la pression sur les surfaces de contact coniques est uniforme ;
- le facteur de frottement f est constant ;
- les rondelles élastiques exercent un effort N porté par l'axe des cônes ;
- on se place à l'état d'équilibre limite entre les surfaces de frottement.

On donne l'expression du couple maximum transmissible par cet emmanchement :

$$C_f = \frac{2}{3 \cdot \sin \beta} \cdot N \cdot f \cdot \left(\frac{r_2^3 - r_1^3}{r_2^2 - r_1^2} \right)$$

II-7: Calculer la valeur du couple maximum transmissible par l'emmanchement conique si :

$f = 0,1$; $r_1 = 14 \text{ mm}$; $r_2 = 20 \text{ mm}$; $L = 50 \text{ mm}$; $N = 20128 \text{ N}$

II-8 :

a) Montrer que ce couple C_f est satisfaisant pour tailler des roues de dureté moyenne 70 daN/mm^2 dont les exigences sont données dans la problématique décrite dans la **feuille 3/11**

b) En s'appuyant sur l'objectif de la **partie II de la feuille 6/10**, **montrer** que le couple C_f devient insuffisant pour cette nouvelle série de taillage dont la dureté moyenne des roues à tailler est égale à 120 daN/mm^2 .

II-9 : En admettant que les deux plots prismatiques permettent de compenser la transmission de la différence des couples entre la valeur de référence C_f (calculée précédemment) et la valeur obtenue avec le matériau de dureté 120 daN/mm^2 C_{120} (calculée précédemment aussi),

Calculer la pression de contact entre les plots et l'arbre porte fraise-mère.

NB : la pression est supposée uniforme.

(On relèvera les dimensions utiles sur le dessin d'ensemble de la **feuille 2/11**).

Quelle conclusion en tirez-vous si l'on tolère une pression maximum de 100 MPa sur un plot.

C) ETUDE GRAPHIQUE : (sur 20 points)

Le dessin de la feuille **11/11** comporte une vue principale à l'échelle 1:2. Toutefois, l'extrémité droite du bout d'arbre a été agrandie à l'échelle 3 : 4, pour faciliter au candidat la lecture et le travail graphique y relatif.

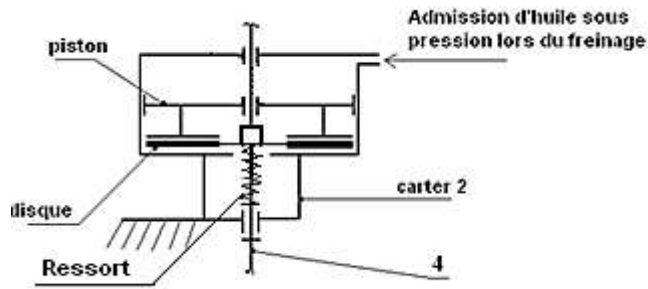
I- Conception :

I-1. Pour arrêter la rotation de la broche **4**, on utilise un frein monodisque hydraulique disposé entre **4** et le carter **2**.

Le ressort de compression représenté sur le schéma, ci-dessous, a essentiellement pour rôle d'éviter que le disque ne s'appuie sur le carter **2**, en l'absence de freinage.

Le candidat devra concevoir, également, un dispositif similaire pour éviter le contact disque/piston en l'absence de freinage.

Concevoir ce frein sur **la feuille 11/11** en s'appuyant sur le schéma ci-dessous.



I-2. Réaliser sur **la feuille 11/11** la liaison complète démontable entre la poulie **13** et la vis à billes **16**.

NB : On évitera d'affaiblir la pièce **16** par des entailles ; autrement dit, les clavetages, goupillages, cannelures, ... sont des solutions à exclure.

I-3. Sur **la feuille 11/11** concevoir le guidage en rotation des roues coniques **5** et **6** par rapport à **3**, en utilisant des boîtiers pour faciliter le montage. Utiliser la représentation symbolique des roulements intervenant dans ce guidage.

I-4 Sur la même feuille, représenter la vue de dessous et la vue suivant **G** du boîtier support pignons **3** seul.

NB : Ne pas dessiner les vis de fixation, mais, représenter simplement leurs axes.

BAREME :

Les feuilles 4/11, 5/11, 6/11, 7/11, 8/11, 9/11 et 11/11 sont à rendre.

B- ANALYSE TECHNIQUE : (notée sur 30 points)

I-1 : 2 pts ; I-2 : 1,5 pt ; I-3 : 3,5 pts ; I-4 : 1 pt ; I-5 : 1 pt ; I-6 : 2 pts ;

I-7 : 1,5 pt ; I-8 : 1,5 pt ; I-9 : 1,5 pt ; I-10 : 1,5 pt ; I-11 : 1,5 pt ; I-12 : 3 pts

II-1 : 1 pt ; II-2 : 2 pts ; II-3 : 2,5 pts ; II-4 : 2,5 pts ; II-5 : 2 pts ; II-6 : 2,5 pts ;

II-7 : 1,5pts ; II-8 : 2 pts ; II-9 : 2,5 pts ;

C-ETUDE GRAPHIQUE : (notée sur 25 points)

I-1 : 10 pts ; I-2 : 3,5 pts ; I-3 : 6,5 pts ; I-4 : 5 pts.

U.C.A.D. – CONCOURS GENERAL SENEGALAIS

Durée : 06H

Echelle :

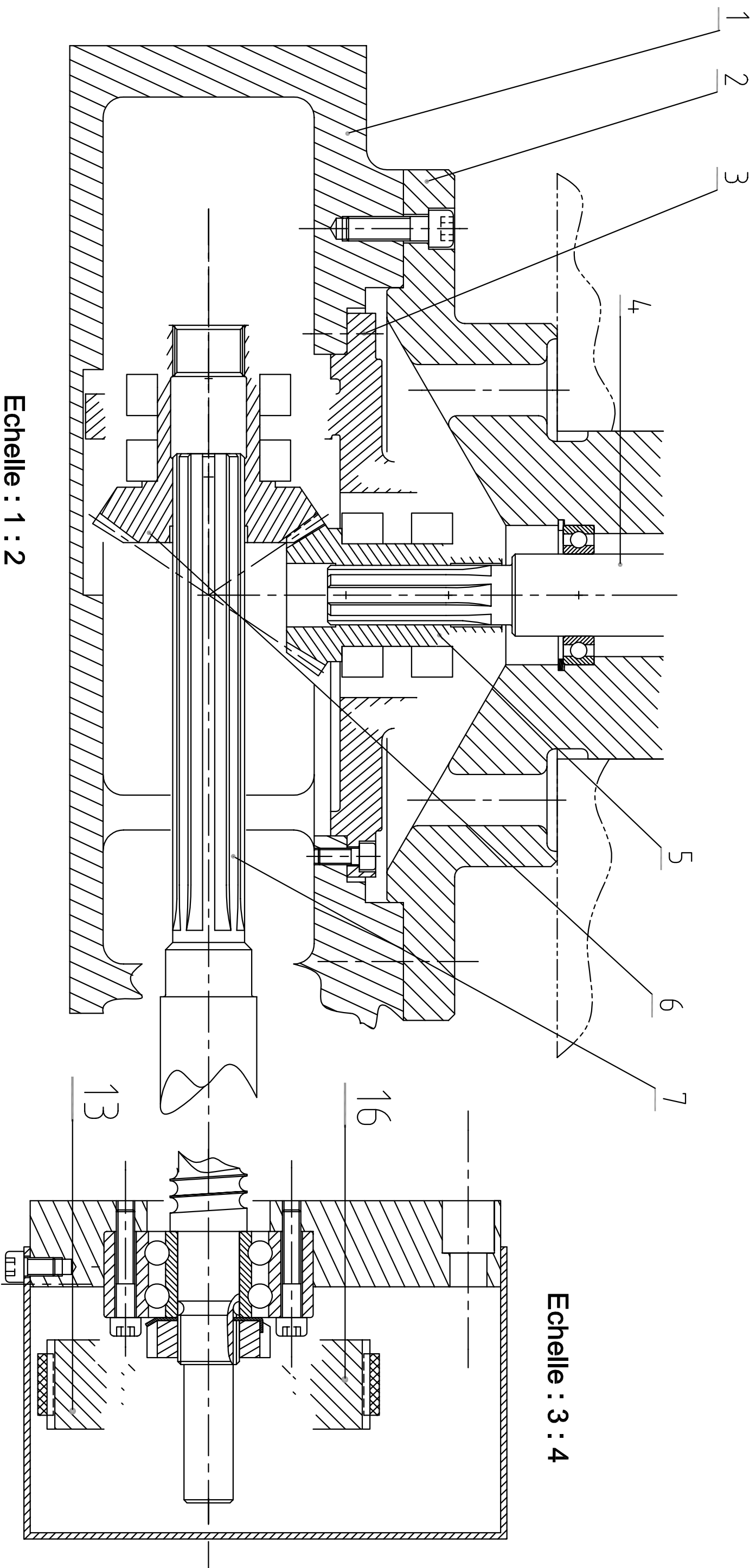
Feuille 10/11

Epreuve de :
CONSTRUCTION MECANIQUE

Année : 2015

Niveau : Terminale

Code : 15 T CGS 08 01



Echelle : 1 : 2

Echelle : 3 : 4

UCAD - CONCOURS GENERAL SENEGALAIS		Année 2015	
Durée: 06H		Niveau : Terminale	
Echelle :		Code : 15 T CGS 08 01	
Feuille 11/11		Epreuve de: CONSTRUCTION MECANIQUE	